

# 橡胶混炼过程功率曲线新的物理意义<sup>\*</sup>

张 海 鲍舟波 陈 薇

(华南理工大学, 广州 510641)

**摘要** 根据密炼机流变理论和橡胶混炼流变理论, 赋予混炼过程功率曲线新的物理意义。指出从密炼机混炼过程功率曲线的变化可判断混炼过程是否最佳, 打滑是否严重, 胶料粘度是偏大还是偏小, 加入油料时间是否适时等。

**关键词** 密炼机, 混炼过程, 功率曲线

密炼机混炼过程完全处于密闭状态, 不能像开炼机那样直接观察到混炼过程中物料的变化。早期, 操作人员在操作中主要靠观察电流的变化和听机器的声响来判断密炼室中物料的状态。密炼机混炼过程功率曲线过去只作为机器选择电动机类型的依据。后来在采用能量控制法时, 发现混炼过程各种操作在相应的功率曲线上都有明显变化<sup>[1]</sup>, 因此它可以作为工艺操作的记录。

密炼机橡胶混炼过程物料种类很多, 形态各异, 有混合、分散、渗透和溶解等作用存在, 比较复杂。密炼机的流变理论和橡胶混炼的粘弹性理论很长时间以来未见在密炼机混炼过程中获得应用。笔者近年来对复杂的混炼过程进行分析, 用实验证明密炼机流变理论: 密炼机流变理论在从投入橡胶混炼后到加入填料混炼前, 以及在混炼结束前这两段时间都是适用的, 密炼机转子转矩或功率与密炼室物料粘度成正比<sup>[2-3]</sup>。近年又在橡胶和填料(炭黑)的混炼中, 提出最佳混炼工艺的主要条件是胶料处于最佳粘度状态<sup>[4]</sup>。至此对混炼过程功率曲线给出了全新的物理意义。通过功率曲线的变化即可判明密炼室

中物料的状态。

由于整个混炼过程比较复杂, 为便于说明功率曲线新的物理意义, 将混炼过程分为生胶塑炼段、生胶与中料混炼段、胶料与填料混炼段、胶料与油料混炼段、胶料与硫黄及促进剂混炼段等来讨论。

## 1 生胶塑炼段功率曲线

生胶塑炼段功率曲线包括烟胶片塑炼、多种生胶和再生胶共混、生胶和中料混炼等内容。

### 1.1 烟胶片塑炼

目前 SR 和 NR 标准胶一般都不塑炼, 只有烟胶片尚因粘度较大常需单独塑炼(填充因数较大)或在混炼前塑炼一段时间(填充因数较小), 其塑炼功率曲线示意图 1 和 2。

从图 1 可以看出, 投入胶块越大, 开始功

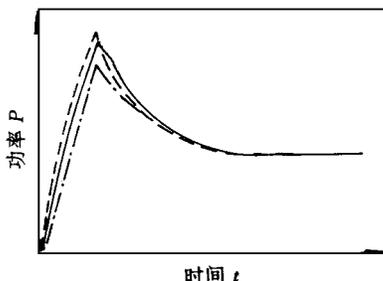


图 1 烟胶片塑炼功率曲线示意

胶块大小: --- > — > ···

<sup>\*</sup>国家自然科学基金资助项目。

作者简介 张海, 男, 63 岁。教授。1960 年毕业于华南工学院(现华南理工大学)橡胶专业。从事教育工作近 40 年, 在《橡胶工业》等刊物上发表论文 40 余篇。

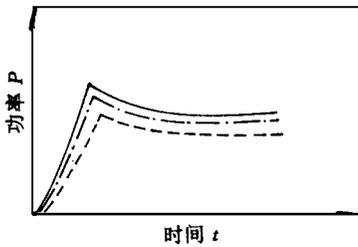


图2 烟胶片混炼前塑炼功率曲线示意

填充量大小: —> - - -> - · -

率越高且波动也大;胶块越小,开始功率越低,过一段时间后功率下降很慢,渐趋平坦。胶块投入时为固体,通过密炼大块变成小块、小块变得更小,胶温上升约为 $40 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 时,胶块粘连成一个粘性流动的整体,从这时开始密炼室中胶料的粘度与密炼机转子的转矩或功率成正比。也就是说,密炼机流变理论是适用的。图2主要是由于填充量比图1有所减小而引起的变化,其它均与图1相同。

### 1.2 多种生胶和再生胶共混

多种生胶和再生胶在混炼前进行短时间的共混,此时填充量小,相互粘度接近,其功率曲线示意图见图3曲线A,与图1和2曲线接近。开始同样为大块变成小块,稍后粘成一团,此时功率变化很小。

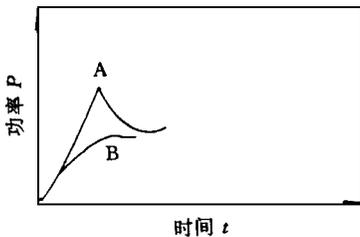


图3 生胶混炼功率曲线示意

A—多种生胶和再生胶; B—生胶和中料

### 1.3 生胶和中料混炼

生胶(或多种生胶)和中料混炼时,由于中料中有氧化锌粉料存在,生胶小块粘成一整体的时间稍有推迟,又由于有硬脂酸或其它受热熔化物料存在,胶料稍有打滑,因此有中料的功率曲线变为图3中B所示形状曲

线,功率慢慢上升,此后稳定在一个水平上,此时物料已粘为一粘流性整体。

## 2 胶料与填料混炼段功率曲线

胶料与填料混炼功率曲线示意之一见图4。生胶密炼后,在功率曲线a点提起压砣开始投入填料(多为各种类型炭黑),投入少量填料时功率曲线在b点稍有上升,投入大量填料后,引起胶料断裂成块状并在填料中流动打滑,这时功率曲线下降低到一个新低点(c点),在此点下压压砣,功率曲线很快升到顶点(d点),以后随着混炼的继续进行,功率曲线慢慢降到e点。这说明胶料与填料的混合顺利进行,到e点时全部填料间的空隙已充满胶料。随着时间的推移,功率曲线稍有上升,说明填料附聚体破碎,原在附聚体中的胶料被释放出来,到第2顶峰f点,说明填料已分散。再往后功率曲线慢慢下降,这主要是由于胶料塑性在增高所致。功率曲线到g点,混炼结束。

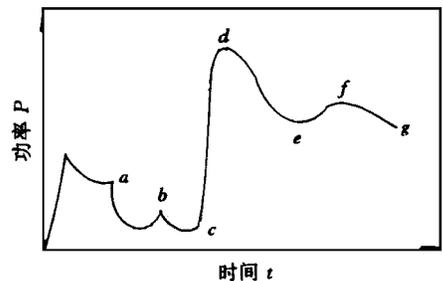


图4 胶料与填料混炼功率曲线示意之一

下面分段展开讨论。

### 2.1 投填料段

图4所示功率曲线的abc段是填料较多时的曲线形状特征。填料较少时可能出现ab段,而实际上可能出现的常常是abc段和ab段的中间状态。ab段和bc段功率曲线的高低与胶料粘度有关:粘度较小,曲线位置较高;粘度较大,曲线位置可能较低。例如, NR烟胶片粘度较大,填料又较多,密炼机温度也较低,即使压砣下压到位,功率也在低位无法

升起。这是填料无法混入胶料的结果。

## 2.2 胶料与填料的混炼

反映胶料与填料混炼的功率曲线见图 4 中的 *cde* 段。功率曲线由 *c* 点能上升到 *d* 点,说明胶料能顺利进入填料间隙,填料也能顺利进入胶料中,进入的快慢与 *de* 段的斜率有关,进入快则在较短时间内就到达 *e* 点。实际上, *cde* 段曲线形状变化很多,见图 5。图中曲线 1 没有打滑,曲线 2 在混炼中开始有轻度打滑,曲线 3 打滑较多,一般应避免出现打滑。若出现打滑,填料分散性的等级将下降。生产中,功率曲线多产生如曲线 2 所示的波动。本来混炼规程功率曲线基本上为曲线 1 形状,但如果气温稍有下降,或两车混炼间隔的时间增多都会使功率产生如曲线 2 所示的变化。这也是判断混炼工艺好坏的关键。根据密炼机橡胶混炼流变理论,胶料与填料混炼能顺利进行,不打滑胶料的粘度就不能太大,而填料附聚体在胶料中能破碎分散,胶料的粘度又不能太小。也就是存在一个最佳粘度的问题<sup>[4]</sup>。图 5 曲线 1 的胶料粘度是最佳粘度,曲线 2 的胶料粘度基本接近最佳粘度,而曲线 3 的胶料粘度就偏大了。

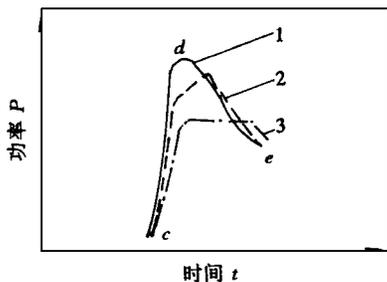


图 5 胶料与填料混炼功率曲线示意之二

## 2.3 第 2 峰问题

将图 4 所示整个功率曲线上的 *d* 点称为第 1 峰, *f* 点就是第 2 峰。有一种观点认为,出现第 2 峰 (*f* 点)时,炭黑基本上分散了。实际上,在很多情况下第 2 峰很难看到,即使在实验室试验中也看不到。第 2 峰的出现与填料种类、用量以及填充因数等有关。

只有在使用活性补强材料且用量较大以及填充因数适中时才明显出现,否则常常看不到。在生产中有时也可看到第 2 峰的显现,这应算是一个好的混炼工艺。但这应与胶料与填料混炼前期打滑较多(如图 5 曲线 3),继续混炼温度升高、胶料变软功率上升甚至出现峰值的现象相区别。

## 3 胶料与油料混炼段功率曲线

胶料与油料混炼功率曲线示意见图 6。这里讨论的是胶料与填料混炼一段时间后提起压砣加入油料时的功率曲线变化情况。油料投入后最好不打滑(图 6 曲线 1),油料与胶料的混炼有 2 种方式:一是油料分散在炭黑胶料中;二是油料以分子状态渗透到胶料中。分散在前,渗透在后。按照一般经验,要掌握好炭黑填料与胶料混炼的时间,时间不要太长,否则由于胶料表面光滑而不利于油料分散。再就是要掌握胶料温度,温度不能太低,否则不利于油料的渗透。这两个方面是矛盾的,要进行综合平衡。使用快速密炼机,主要要掌握好温度。图 6 曲线 3 打滑时间很长功率才升起,曲线 2 打滑较轻,又及时提起压砣,加速了物料的翻转,有利于油料分散,当压砣下压后功率升起,这种现象在生产中常可看到。



图 6 胶料与油料混炼功率曲线示意

## 4 硫黄、促进剂与胶料混炼

硫黄、促进剂与胶料混炼功率曲线示意见图 7。这里讨论的是母炼胶投料开始即投下硫黄、促进剂的功率曲线(曲线 1),或者还

一同投下防老剂等物料的功率曲线(曲线2)。投母炼胶胶片一般有用皮带和用手工2种方式。手工投料又分2种方式:一是将一车母炼胶分3~5次很快投下;二是投下部分胶片让其自然转入。后面的方法省力,但胶料均匀性稍差。

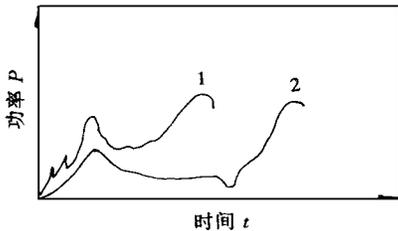


图7 胶料与硫黄、促进剂混炼功率曲线示意

## 5 结语

(1)功率曲线新的物理意义主要是在密炼机流变理论和橡胶混炼流变理论指导下产生的。因此,功率曲线的形状反映出该混炼

过程的情况,也可被视为该车混炼胶的“指纹”。从功率曲线还可进一步判断该混炼工艺的好坏,以及如何改进。

(2)有的功率曲线是经验的总结,对这点工厂在生产中很重视,如用某种炭黑时功率曲线形状等特征是怎样的,若不用这种炭黑,功率曲线就会改变。有的功率曲线在理论上还没有详细的说明,实际上它只起一种标志作用。

## 参考文献

- 1 张 海. 密炼机混炼过程功率曲线作用. 特种橡胶制品, 1983(5): 45
- 2 马铁军, 蔡群英, 张 海, 等. 橡胶在密炼机内混炼过程的分析. 华南理工大学学报(自然科学版), 1997, 25(3): 119
- 3 张 海, 张生贵, 蔡群英, 等. 密炼机橡胶混炼工艺的瞬时功率控制法. 橡胶工业, 1993, 40(6): 348~352
- 4 张 海, 贺德化, 马铁军, 等. 提高混炼胶分散性的探讨. 橡胶工业, 1998, 45(4): 229~232

第十届全国轮胎技术研讨会论文

# New Physical Significance of Power Graph in Rubber Mixing

Zhang Hai, Bao Zhoubo and Chen Wei

(South China University of Technology, Guangzhou 510641)

**Abstract** A new physical significance of power graph in rubber mixing process was given based on the rheological theories in internal mixer and in rubber mixing. It was proposed that it was determined from the power graph in rubber mixing process whether the optimal mixing process, the less slippage, the proper mix viscosity and the correct oil adding time were obtained.

**Keywords** internal mixer, mixing process, power graph

## 国内简讯 2 则

△经辽宁省计委、铁岭市政府及其它有关部门批复同意,在铁岭市建立中国北方橡胶城。该橡胶城占地 2 万  $m^2$ , 总建筑面积 3 万  $m^2$ , 展览大厅 2 400  $m^2$ , 内设洽谈间 400 余个, 每个洽谈间均设有展台和交易柜台。

(本刊讯)

△美国埃索公司橡胶加工油应用交流会

于 1998 年 9 月 24 日在青岛召开。会上,埃索公司的技术专家介绍了埃索油品中高芳烃基、环烷基及石蜡类等 13 个牌号橡胶加工油的特性和应用情况;烟台中策橡胶有限公司、上海申亚密封件有限公司和固特异(青岛)工程橡胶有限公司的代表介绍了使用埃索公司橡胶加工油的实际经验体会。

(青岛橡胶工业研究所 马培瑜供稿)